

PUB-NO: DE019829880A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19829880 A1

TITLE: CNC machine for grinding and sharpening the
tooth flanks
of a spiral bevel gear

PUBN-DATE: August 26, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BOSCH, MANFRED	DE
TRAPP, HANS-JUERGEN	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KLINGELNBERG SOEHNE GMBH	DE

APPL-NO: DE19829880

APPL-DATE: July 4, 1998

PRIORITY-DATA: DE19829880A (July 4, 1998)

INT-CL (IPC): B23F009/02, B23F021/02 , B23F021/03

EUR-CL (EPC): B23F009/02 ; B23F005/04, B23F019/05 , B23F021/02 ,
B23F021/03

ABSTRACT:

The computer numerical control (CNC) machine (2), for working toothed wheels, has six electronically coupled axes for simultaneous part working. The spiral bevel gear (24) is worked in continuous part actions using a screw tool (21) as a conical grinding or sharpening screw tool (21). The machine (2) can grind and/or sharpen a spiral bevel wheel after hardening, such as plate wheels or pinions, which have been produced at a conical palloid tooth

system plain
mill cutter.



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 198 29 880 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
B 23 F 9/02
B 23 F 21/02
B 23 F 21/03

21 Aktenzeichen: 198 29 880.3
22 Anmeldetag: 4. 7. 98
43 Offenlegungstag: 26. 8. 99

DE 198 29 880 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:

Klingelberg Söhne GmbH, 42499 Hückeswagen,
DE

74 Vertreter:

Ackmann, Menges & Demski Patentanwälte, 80469
München

72 Erfinder:

Bosch, Manfred, Dr.-Ing., 42859 Remscheid, DE;
Trapp, Hans-Jürgen, Dr.-Ing., 42477
Radevormwald, DE

56 Entgegenhaltungen:

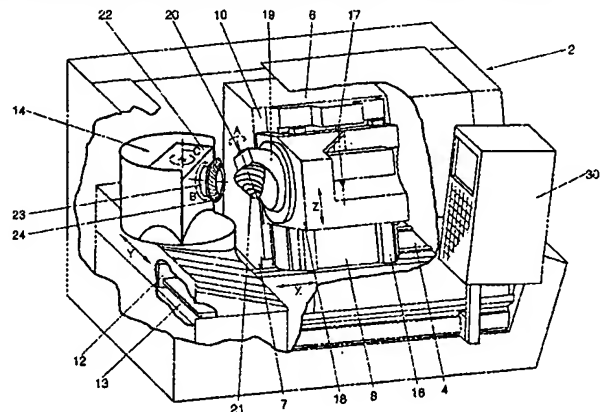
DE	195 17 358 C1
DE-PS	6 92 127
DE	196 46 189 A1
DE	43 13 533 A1
DD	2 61 537 A1
DD	6 62 162
EP	02 29 894 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 CNC-gesteuerte Zahnradbearbeitungsmaschine und dafür geeignete kegelige Schleif- oder Honschnecke

57 Beschrieben ist eine CNC-gesteuerte Maschine (2), die sechs simultan arbeitende, elektronische gekoppelte Achsen aufweist, zur Hartfeinbearbeitung von in Längsrichtung evolventisch gekrümmten Zahnflanken eines Spiralkegelrades (24) im kontinuierlichen Teilverfahren mit Hilfe eines schneckenförmigen Werkzeuges (21), das als kegelige Schleifschnecke oder Honschnecke ausgebildet ist. Die Maschine (2) ermöglicht es, mit einem kegelligen Palloid-Wälzfräser hergestellte Spiralkegelräder (Tellerräder oder Ritzel) nach dem Härten zu schleifen und/oder zu honen. Das Fräsen einerseits und das Schleifen oder Honen andererseits können dabei auf derselben Maschine erfolgen. Ein besonderer Vorteil ist, daß die evolventische Krümmung der Zahnlängsflanken, die sich durch den Einsatz eines Palloid-Wälzfräasers ergibt, nicht durch das Hartfeinbearbeiten beseitigt wird, weil die Schleif- oder Honschnecke im wesentlichen dieselbe Form wie der Palloid-Wälzfräser hat.



DE 198 29 880 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine CNC-gesteuerte Zahnradbearbeitungsmaschine der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art. Außerdem betrifft die Erfindung eine dafür geeignete kegelige Schleif- oder Honschnecke.

Eine solche CNC-gesteuerte Maschine ist aus der DE 196 46 189 A1 bekannt, auf die weiter unten noch näher eingegangen wird.

Zur kontinuierlich teilenden Bearbeitung der Zahnflanken von Spiralkegelrädern gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Verfahren, von denen das eine, das sog. Palloid-Verfahren, mit einem kegeligen Fräser arbeitet, der in Zahn-längsrichtung eine verlängerte Evolvente erzeugt, wogegen das andere mit einem Stirnmesserkopf arbeitet, der eine verlängerte Epizykloide in Zahn-längsrichtung schneidet. Die folgende zusammenfassende Erläuterung hierzu findet sich in dem Aufsatz "Herstellung und Kontrolle konischer Zahn-räder", R. Seybold, TZ für praktische Metallbearbeitung 60 (1966) Heft 11, S. 6. Bei der Herstellung von Palloid-Kegel-rädern, also den mit einem kegeligen Werkzeug gefertigten Kegelrädern, verschrauben sich der zu verzahnende Radkörper und das kegelschneckenförmige Werkzeug beim Verzahnung wie Kegelschnecke und Kegelrad. Der Kegelfräser kommt hierbei auf einer kreisförmig gekrümmten Bahn mit dem zu verzahnenden Radkörper in Eingriff. Der Fräser ist derart eingestellt, daß sein eines Ende weiter vom Mittelpunkt entfernt liegt als sein anderes Ende. Demzufolge beschreibt die erzeugende Mantellinie des Fräsers bei einer Schwenkbewegung um die Kegelspitze des zu erzeugenden Kegelrades eine kreisringförmige Fläche, deren Breite zum wenigsten der Zahnbreite des herzustellenden Rades entsprechen muß. Der Fräser verkörpert in seiner Bahn eine Planverzahnung, also Zähne des Planrades. Im Vergleich zur Herstellung von Stirnrädern, wobei einem jeden Fräserzahn eine bestimmte Strecke des Zahnprofils zur Bearbeitung zugewiesen ist, hat bei der Herstellung von Palloid-Spiralkegelrädern jeder Fräserzahn auf einem Teil der Zahnlänge das Profil vom Zahnkopf bis zum Zahnfuß allein zu bearbeiten, indem er es durch Hüllschnitte einhüllt. Die Längsballigkeit der Zähne wird dadurch erzeugt, daß entweder der Fräser keine geradlinige, sondern eine hohle Mantellinie hat, oder daß der Fräser aus einer exakten Planradanlage herausgeschwenkt wird. Bei der letzten Methode kann der Ballen stufenlos eingestellt werden. Soweit aus dem Aufsatz von R. Seybold.

Das Palloid-Verzahnverfahren basiert auf Arbeiten der Erfinder Schicht und Preis aus der Zeit zwischen 1913 und 1921, die im Dezember 1921 schließlich ein Patent anmeldeten zur einfachen Herstellung von Spiralkegelrädern mit Hilfe eines schneckenförmigen Wälzfräasers (DE-Patent Nr. 449 921). Ab 1923 wurden dann von der Firma Klingelnberg die ersten Palloid-Verzahnmaschinen gebaut. Seit Anfang der 30er Jahre hatte sich die Klingelnberg-Palloid-Verzahnung zu einem erfolgreichen Verzahnungssystem entwickelt. Anfang der 60er Jahre stieß das Palloid-Verfahren aufgrund der maschinenbaulichen Voraussetzungen an wirtschaftliche Grenzen. Ein wesentlicher Schwachpunkt war, daß die rein mechanisch gesteuerten Maschinen mit ihren langen Getriebe-strängen keine entscheidenden Drehzahlsteigerungen des Werkzeuges mehr zuließen. Der kegelige Palloid-Wälzfräser stellt durch seine starke Durchmesseränderung hohe Anforderungen an die verfügbaren Fräserdrehzahlspektren. So arbeiteten die alten Palloid-Verzahnmaschinen bei 150 Umdrehungen pro Minute mit einer daraus resultierenden Schnittgeschwindigkeit von maximal ca. 20 bis 30 m/min am kleinen Fräserdurchmesser. Diese Schnittgeschwindigkeiten wäre für eine optimale Nutzung der Leistungsmög-

lichkeiten der heutigen HSS-Werkzeugmaterialien in Verbindung mit moderner Beschichtungstechnologie unzureichend. Weiter waren den statischen und vornehmlich den dynamischen Steifigkeiten durch die komplexen Getriebe-stränge Grenzen gesetzt. Diese Gründe führten seinerzeit schließlich zur Ablösung des Palloid-Spiralkegelrad-Verzahnverfahrens durch die leistungsfähigeren Messerkopf-verfahren.

Das Palloid-Spiralkegelrad-Verzahnverfahren hat sich aber nicht ganz vom Anwendermarkt verdrängen lassen. Trotz einer kostenintensiven und daher nicht sehr wirtschaftlichen Fertigung auf mechanisch gesteuerten Verzahnmaschinen werden Palloid-Radsätze aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften nämlich nach wie vor eingesetzt, vornehmlich für zahnbruchgefährdete Zwecke. Anwendungsschwerpunkte der Palloid-Verzahnung liegen heute im allgemeinen Getriebebau, im Serienautomobilbau für extrem leistungsstarke Antriebsaggregate, im Rennwagen- und Motorradbau. Die Palloid-Spiralverzahnung konnte sich für diese Einsatzfälle behaupten, da sie selbst bei großen, lastbedingten Achsverlagerungen extrem gute Lauf-eigenschaften erreicht.

Im Vergleich mit Radsätzen, die nach anderen Verzahn-verfahren gefertigt werden, reagieren Palloid-Radsätze am unempfindlichsten gegen Verlagerung. Selbst bei hohen Be-lastungen werden unter diesen Bedingungen eine hervorra-gende Laufruhe und eine hohe Lebensdauer erreicht. Diese guten Eigenschaften sind im Erzeugungsprinzip begründet, das, wie oben beschrieben, zu einer evolventischen Zahn-längskurve führt. Daneben bewirkt diese Evolventenform, daß Palloid-Verzahnungen im Zahngrund eine konstante Weite haben und daher mit relativ größeren Fußrundungsra-dien gefertigt werden können als Verzahnungen mit sich än-dernden Zahngrundweiten, was natürlich positive Auswir-kungen auf die Bruchfestigkeit des Radsatzes hat. Außer-dem ermöglicht die Kombination von kontinuierlichem Teilverfahren und einem eingängigen Palloid-Wälzfräser eine sehr gute Teilungsgenauigkeit selbst bei leistungsstar-ken Verzahnprozessen, was nicht ausschließt, daß auch mehrgängige Werkzeuge für die Palloid-Verzahnung einge-setzt werden. Zusammenfassend sind die hohe Verlage-rungsunempfindlichkeit, die größere Zahnfußfestigkeit und die hohe Teilungsqualität Garant für eine extreme Laufruhe und Lebensdauer. Die mit dem kegeligen Fräser kontinuier-lich erzeugten Palloid-Spiralkegelräder haben somit bedeut-same Vorteile gegenüber mit einem Stirnmesserkopf konti-nuierlich erzeugten Spiralkegelrädern.

Der Einsatz der Palloid-Wälzfräser auf neu entwickelten CNC-gesteuerten Wälzfräsmaschinen bietet im Vergleich zu den alten Palloid-Verzahnmaschinen jetzt wieder die Mög-lichkeit, Palloid-Spiralkegelräder wirtschaftlich herzustel-len.

Durch die moderne CNC-Technik sind die Grenzen der mechanischen Maschinen heute nicht mehr gültig. Es kön-nen Fräserdrehzahlen deutlich oberhalb der früher wirksa-men Grenzen eingestellt werden. Durch die Realisierung ei-nes elektronischen Getriebes sind die Getriebe-stränge zu-dem extrem kurz, wodurch die gesamte Maschine sehr steif geworden ist.

Bei einer von der Anmelderin unter der Bezeichnung KNC 25P entwickelten CNC-gesteuerten Wälzfräsmaschine für Palloid-Spiralkegelräder arbeiten drei simultane elektro-nische Arbeitsachsen in einem fest gekoppelten Ablauf, und sechs zusätzliche, durch Präzisionsinkrementalgeber ge-steuerte Positionierachsen stellen eine hohe Wiederholge-nauigkeit bei der Einstellung der Verzahnmaschine sicher. Bei dieser Maschine lassen sich Fräserdrehzahlen von bis zu 600 Umdrehungen pro Minute erzielen. Diese Maschine ist

im September 1997 bei der Anmelderin in Hückeswagen auf einem Kegelrad-Workshop für Kunden vorgestellt worden. Bei diesem Workshop ist eine Dokumentation unter dem Titel "Palloid-Spiralkegelrad-Wälzfräsmaschine Klingenberg KNC 25 P" verteilt worden, auf die bezüglich weiterer Einzelheiten über diese Maschine verwiesen wird.

Daneben entwickelte die Anmelderin eine neue Spiralkegelrad-Wälzfräsmaschine, Modell C22/C28, die ebenfalls auf dem Kegelrad-Workshop vorgestellt worden ist. Es handelt sich um eine CNC-gesteuerte Maschine, die der aus der eingangs erwähnten DE 196 46 189 A1 bekannten Maschine entspricht. Diese Maschine ist insbesondere für die Trockenbearbeitung von Zahnrädern mit Hartmetall-Werkzeugen entwickelt worden. Diese Maschine arbeitet mit einem Messerkopf. Der Späneförderer ist direkt unterhalb des Arbeitsraums angeordnet. Die bei dieser Maschine gewählte Schrägbettanordnung ermöglicht dieses Konzept (vgl. den Klingenberg/Oerlikon Firmenprospekt "Oerlikon C22/C28 DER EINSTIEG IN EIN NEUES VERZÄHNUNGSZEIT-ALTER", veröffentlicht Januar 1998, Seite 5, Bild 2, und Seite 11, Bild 9).

Die vorgenannte Maschine bietet gegenüber allen bekannten mechanischen Kegelradverzahnmaschinen und dem Modell KNC 25 P den Vorteil, daß sie keine Wälztrommel mehr hat und dadurch statt neun gesteuerten Achsen nur sechs gesteuerte Achsen aufweist, nämlich sechs simultan arbeitende, elektronisch gekoppelte Achsen, und zwar drei Linear- und drei Rotationsachsen. Trotzdem ermöglicht es die CNC-Steuerung dieser Maschine, daß die Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück genau die gleiche ist, als ob die Maschine eine Wälztrommel hätte.

Es stellte sich daher für die Anmelderin die Frage, ob sich dieses neuere Maschinenkonzept überhaupt auf das Palloid-Verzahnverfahren übertragen läßt, bei dem statt eines Messerkopfes ein kegeliger Wälzfräser eingesetzt wird. Diese Maschine müßte zumindest die gleichen Vorzüge besitzen wie das Modell KNC 25 P, wenn nicht noch weitere Vorteile.

Eine solche Entwicklung ergäbe aber nur einen Sinn, wenn gleichzeitig eine zweite Aufgabe gelöst wird. Das Problem bei allen mit Palloid-Verzahnung hergestellten Zahnrädern besteht nämlich darin, daß es bislang kein kontinuierlich teilendes Schleifverfahren für die Hartfeinbearbeitung gibt. Die auf den oben beschriebenen Maschinen hergestellten Palloid-Spiralkegelräder werden nämlich gehärtet, wobei sich ein sog. Härteverzug nicht vermeiden läßt. Deshalb müssen die gehärteten Zahnräder anschließend einer Hartfeinbearbeitung unterzogen werden. Dazu lassen sich entsprechend bestückte Messerköpfe einsetzen, mittels welchen die Hartfeinbearbeitung durch Schälwälzfräsen erfolgt. Nachteilig ist dabei, daß die bei dem Palloid-Verzahnverfahren in Zahn längsrichtung erzeugte Evolvente bei der Hartfeinbearbeitung mittels Messerkopf in eine Epizykloidenform (kontinuierliches Teilverfahren) oder in eine Kreisbogenform (Einzelteilverfahren) verwandelt wird, so daß die Vorteile der Palloid-Verzahnung teilweise verlorengehen. Für die Hartfeinbearbeitung lassen sich auch Topfschleifscheiben einsetzen, die aber ebenfalls eine Kreisbogenform an den Kegelradflanken erzeugen. Ein bekanntes nichtkontinuierlich teilendes Verfahren, mit dem sich die Evolventenform der Palloid-Verzahnung zumindest teilweise erhalten ließe, ist das sogenannte "Flared-Cup-Verfahren". Eine kegelige Topfscheibe, die die Kegelradflanke in Höhenrichtung linienförmig berührt, kann in Zahn längsrichtung nahezu beliebig geführt werden, also auch entlang einer evolventischen Zahn längsform. Bei diesem Verfahren müssen aber alle Palloid-Zahnflanken nacheinander abgefahren und gleichzeitig gewälzt werden, was lange dauert, von der Ma-

schinensteuerung her sehr aufwendig und daher teuer ist.

Aus der DE-PS 662 162 ist zwar auch ein kontinuierlich teilendes Verfahren zur Bearbeitung der Zahnflanken von Kegelrädern mit längs gekrümmten Zähnen mittels schraubenförmigen Werkzeuges bekannt, bei dem das Werkzeug entweder ein Schneckenfräser oder eine Schleifschnecke sein kann, dieses bekannte Verfahren ist mit den angegebenen Merkmalen und mit der zur Durchführung des Verfahrens vorgesehenen Maschine jedoch nur mittels Schneckenfräser zur Herstellung von Kegelrädern realistisch durchführbar. Für den Einsatz einer Schleifschnecke statt eines Schneckenfräses wäre die erreichbare Drehgeschwindigkeit zum Erzielen einer ausreichenden Schleifgeschwindigkeit für eine Hartfeinbearbeitung zu niedrig. Daher war versucht worden, eine ähnliche Lösung wie bei Zylinderrädern zu finden. Um dort die erforderliche Schleifgeschwindigkeit zu erreichen, wird beim kontinuierlichen Verfahren eine zylindrische Schleifschnecke eingesetzt, die gegenüber dem entsprechenden zylindrischen Wälzfräser einen mehrfach größeren Durchmesser hat. Diese Möglichkeit läßt sich aber nicht auf Spiralkegelräder übertragen, weil die längs gekrümmten Zähne von größeren Werkzeugdurchmessern als dem des Palloidfräses zerstört würden. Das bekannte Verfahren ließe sich also allenfalls zum Vorverzahn von Kegelrädern mittels Schleifschnecke einsetzen, nicht aber zur Hartfeinbearbeitung einer bereits vorhandenen Verzahnung durch Schleifen mittels Schleifschnecke.

Gleiches gilt für die auf dem oben erwähnten Kegelrad-Workshop vorgestellte Maschine Modell KNC 25P.

Andererseits kann die aus der oben beschriebenen DE 196 46 189 A1 bekannte Maschine mit sechs Achsen zwar universell zum Fräsen mit einem Messerkopf eingesetzt werden, auch zum Hartfeinbearbeiten mit einem Messerkopf, nicht jedoch zum kontinuierlich teilenden Fräsen oder gar Schleifen einer Palloid-Verzahnung.

Alle bekannten Palloid-Maschinen weisen somit den Nachteil auf, daß zwar eine Palloid-Verzahnung mit evolventischen Zahn längsflanken herstellbar ist, daß dieser Vorteil jedoch durch die bislang möglichen Hartfeinbearbeitungsverfahren wieder beseitigt wird, weil es bislang kein kontinuierlich teilendes Schleifverfahren gibt. Denn auch die aus der DE-PS 662 162 bekannte Maschine kann zwar eine Palloid-Verzahnung aus einem ungehärteten Rohling kontinuierlich teilend fräsen oder eventuell schleifen, eine solche Verzahnung nach dem Härten jedoch nicht durch Schleifen hartfeinbearbeiten.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine CNC-gesteuerte Zahnradbearbeitungsmaschine der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art zu schaffen, auf der sich die Zahnflanken von Spiralkegelrädern kontinuierlich teilend hartfeinbearbeiten lassen. Außerdem soll durch die Erfindung eine kegelige Schleifschnecke für eine Maschine der vorgenannten Art geschaffen werden.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die CNC-gesteuerte Kegelradbearbeitungsmaschine mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Die Ausbildung des schneckenförmigen Werkzeuges als kegelige Schleifschnecke oder Honschnecke zur Hartfeinbearbeitung von in Längsrichtung evolventisch gekrümmten Zähnen ermöglicht es, auf einer Maschine ein und desselben Typs eine Palloid-Verzahnung durch kontinuierliches Fräsen herzustellen und diese Verzahnung nach dem Härten durch kontinuierliches Schleifen mittels einer kegeligen Schleifschnecke hartfeinzubearbeiten. Dadurch lassen sich Palloid-Spiralkegelräder einerseits wirtschaftlich herstellen und andererseits ergibt sich der Vorteil, daß die evolventisch gekrümmten Zahn längsflanken nicht durch das Hartfeinbearbeiten beseitigt werden, sondern ihre evolventische Krüm-

mung behalten, ohne daß von einem langwierigen Schleifverfahren wie dem Flared-Cup-Verfahren Gebrauch gemacht werden muß. Die Schleifschnecke oder auch Honschnecke hat entgegen allen früheren Bemühungen im wesentlichen dieselbe Form und Größe wie der palloid-Wälzfräser. Die wesentlich höheren Drehzahlen von etwa 16000 Umdrehungen pro Minute, die bei gleicher Werkzeuggröße der Schleifvorgang gegenüber dem Fräsvorgang erfordert, lassen sich auf der neuen CNC-gesteuerten Kegelradbearbeitungsmaschine nur erreichen, weil entsprechend ausgebildete Antriebe vorgesehen sind. Die Erfindung bietet somit die Möglichkeit eines Palloid-Schleifverfahrens, das vor 50 Jahren zwar bereits angedacht worden ist, wie die oben beschriebene DE-PS 662 162 zeigt, für das es bislang aber keine Realisierungsmöglichkeit gab. Erst der Übergang von der Neun-Achsen-Maschine (Modell KNC 25 P) auf die Sechs-Achsen-Maschine, der Einsatz einer leistungsfähigen CNC-Steuerung, die auch bei den hohen Drehzahlen noch die elektronische Kopplung der sechs simultan arbeitenden Achsen gewährleistet, und schließlich der Einsatz einer kegeligen Schleifschnecke oder Honschnecke als schneckenförmiges Werkzeug haben es ermöglicht, die Vorteile der Palloid-Verzahnung bei der Hartfeinbearbeitung aufrechtzuerhalten.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung und eine kegelige Schleif- oder Honschnecke für die Maschine nach der Erfindung bilden die Gegenstände der Unteransprüche.

Wenn die Maschine in weiterer Ausgestaltung der Erfindung einen Werkzeug- und einen Werkstückantrieb hat, die beide für hohe Drehzahlen ausgelegt sind, läßt sich die optimale Schleifgeschwindigkeit bzw. Hongschwindigkeit an den Zahnflanken erreichen. Dazu haben die Antriebe vorzugsweise sehr kurze Getriebestränge in Verbindung mit statisch und dynamisch steifen Maschinenkomponenten, oder es sind Direktantriebe, bei denen der Motor direkt mit der Werkzeugspindel beziehungsweise Werkstückspindel verbunden ist. Diese Spindeln sind natürlich mit entsprechenden Hochgeschwindigkeitslagern versehen. Mit solchen Antrieben lassen sich auch noch bei kleinen, vorzugsweise eingängigen Schleifschnecken Schnittgeschwindigkeiten von über 25 m/s erreichen. Darüber hinaus erlaubt es die vorgesehene CNC-Steuerung der Maschine, während des Schleifprozesses die Drehzahl des kegeligen Werkzeugs von seinem großen zum kleinen Durchmesser hin so zu steigern, daß immer der momentan aktive Durchmesserbereich die vorgegebene Schnittgeschwindigkeit einhält.

Eine in weiterer Ausgestaltung der Erfindung geschaffene kegelige Schleifschnecke für eine Maschine nach der Erfindung kann abrichtbar oder nichtabrichtbar sein. Ihre Form ist dadurch gekennzeichnet, daß sich statt der einzelnen Zähne eines Palloidfräasers ein oder mehrere vollständige Schneckengänge mit konstanter Steigung um einen kegeligen Grundkörper winden. Der Querschnitt durch einen Schneckengang entspricht nahezu dem Zahnprofil des Palloidfräasers. Die nichtabrichtbare Schleifschnecke weist vorteilhafterweise einen Grundkörper mit abrasiver Beschichtung auf. Die Herstellung solcher Beschichtungen, die vorzugsweise aus Diamant- oder CBN-Körnern gleicher Größe in einer metallischen Bindung bestehen, gehört zum Stand der Technik. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann statt einer kegeligen Schleifschnecke auch eine abrichtbare kegelige Honschnecke eingesetzt werden. Der Unterschied dieser beiden Werkzeuge besteht hauptsächlich in der Körnung und Bindung sowie der Zustellung auf das Werkstück im Prozeß, nicht dagegen in der Geometrie, der Schnittgeschwindigkeit oder der Antriebsdrehzahl.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

ben.

Die einzige Figur der Zeichnung zeigt eine CNC-gesteuerte Zahnradbearbeitungsmaschine nach der Erfindung mit einem schneckenförmigen Werkzeug in Form einer Schleifschnecke.

Fig. 1 zeigt in perspektivischer Darstellung den Grundaufbau einer CNC-gesteuerten Maschine 2 zur Hartfeinbearbeitung durch Schleifen oder Honen von Spiralkegelrädern mit in Zahnlängsrichtung evolventisch gekrümmten Flanken, und zwar in Ansicht von der Bedienerseite aus. Auf einem Maschinenbett 4 ist ein Maschinengehäuse 6 entlang einer geraden Koordinatenachse X horizontal und linear geführt. Ein erster Schlitten 8 ist auf einer Führung 16, die an einer Seitenfläche 10 des Maschinengehäuses 6 angebracht ist, in einer geraden Koordinatenachse Z mittels eines Spindeltriebs 17 in der Höhe verfahrbar. Die Führung 16 dieses ersten Schlittens 8 und die Z-Achse sind gegen die Vertikale geneigt. Durch diese Anordnung verjüngt sich das Maschinengehäuse 6 mit zunehmendem Abstand von dem Maschinenbett 4. Es hat unten einen entsprechend breiten Fuß 7. Auf dem Maschinenbett 4 ist außerdem ein Werkstückspindelträger 14 mit einem zweiten Schlitten 12 entlang einer geraden Koordinatenachse Y, die zur X-Achse rechtwinklig ist, auf einer Führung 13 horizontal und linear geführt. Auf dem zweiten Schlitten 12 befindet sich eine Schwenkvorrichtung 22 mit vertikaler Achse C.

Der erste Schlitten 8 trägt an seiner Stirnseite 18 eine fest eingestellte Konsole 19, in der sich die Werkzeugspindel 20 mit einem schneckenförmigen Werkzeug 21 befindet, hier beispielshalber eine kegelige Schleifschnecke. Das Werkzeug 21 kann aber auch, je nach gewünschter Art der Hartfeinbearbeitung, eine kegelige Honschnecke sein. An der Werkzeugspindel 20 ist das Werkzeug 21 einseitig befestigt und um eine Achse A drehbar gelagert.

Durch den zweiten Schlitten 12 und durch die Schwenkvorrichtung 22 ist eine Werkstückspindel 23 auf dem Maschinenbett 4 horizontal geführt, linear verschiebbar und schwenkbar. Die Schwenkvorrichtung 22 trägt die Werkstückspindel 23, die um eine Achse B drehbar ist. Die Werkstückspindel 23 trägt ein Werkstück 24 in Form eines Spiralkegelrades oder Ritzels, das in Längsrichtung evolventisch gekrümmte Zahnflanken aufweist. Die Schwenkvorrichtung 22 ist um die Achse C schwenkbar, um das Werkstück 24 von der Beladeposition in eine Bearbeiteposition zu schwenken und kleine Bewegungen während der Hartfeinbearbeitung der Zahnflanken durchzuführen.

Während des Bearbeitungsprozesses rotiert das Werkzeug 21 um die Achse A und das Werkstück 24 um die Achse B in einem von der CNC-Steuerung vorgegebenen, nicht konstanten Verhältnis, im wesentlichen aber reziprok zu ihren Zähnezahlen. Die vom Grundaufbau der in der DE 196 46 189 A1 beschriebenen Maschine her bekannte Schrägbettanordnung bietet bei der hier beschriebenen Maschine zur Hartfeinbearbeitung dieselben Vorteile, nämlich

- Durch die enge Nebeneinanderanordnung des Maschinengehäuses und des Werkstückspindelträgers ist bei der Maschine 2 eine optimale Aufteilung der Bewegungen auf Werkzeug- und Werkstücksseite mit optimiertem Kraftfluß möglich. Dadurch läßt sich eine maximale Prozeßsteifigkeit erzielen, was für eine CNC-gesteuerte Maschine für die Hartfeinbearbeitung besonders bedeutsam ist, da die statische und dynamische Steifigkeit der Maschine für die zu erreichende Verzahnungsgenauigkeit so groß wie möglich sein muß.

- Die Maschine 2 ist aufgrund des gezeigten Aufbaus sehr kompakt, und der eigentliche Arbeitsraum läßt sich durch entsprechende Wandungen, die in Fig. 1 der

Übersichtlichkeit wegen weggelassen sind, so abkapseln, daß eine intensive Ölnebelkühlung der Schleifstelle möglich ist.

– Eine Bedieneinheit 30 läßt sich an der Maschine 2 horizontal verschiebbar so anordnen, daß ein ergonomischer Betrieb möglich ist. 5

Zu Beginn der Bearbeitung der Zahnflanken des Werkstückes 24 mit Hilfe des schneckenförmigen Werkzeuges 21 wird das Werkstück um die Achse C in eine Bearbeitungsposition geschwenkt. Das Werkzeug 21 wird über die horizontale Bewegung des Maschinengehäuses 6 in der X-Achse an das Werkstück 24 gefahren, wobei ein nicht näher dargestellter elektronischer Meßfühler sicherstellt, daß die Zähne der Schleifschnecke bzw. Honschnecke in die Lücken 15 des vorverzahnten und gehärteten Werkstückes einfädeln. Im einfachsten Fall wird dann im Zusammenspiel des zweiten Schlittens 12 und des ersten Schlittens 8 und der Drehung des Werkstückes 24 um die Achse B und des Werkzeuges 21 um die Achse A eine Wälzbewegung erzeugt. Die nicht näher dargestellte CNC-Steuerung bewirkt dabei, daß die sechs simultan arbeitenden, elektronisch gekoppelten Achsen der Maschine 2, nämlich die drei linearen Achsen X, Y und Z sowie die drei rotatorischen Achsen A, B und C die erforderlichen Bewegungen für die Hartfeinbearbeitung der Zahnflanken des aus einem Spiralkegelrad bestehenden Werkstückes 24 im kontinuierlichen Teilverfahren ausführen. Dabei müssen aber nur die Rotationsachsen A und B die hohen Drehzahlen erreichen, während die übrigen Achsen relativ langsame Bewegungen ausführen. 30

Patentansprüche

1. CNC-gesteuerte Maschine zur Bearbeitung der Zahnflanken von Spiralkegelrädern im kontinuierlichen Teilverfahren mit Hilfe eines schneckenförmigen Werkzeuges, wobei die Maschine sechs simultan arbeitende, elektronisch gekoppelte Achsen aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das schneckenförmige Werkzeug zur Hartfeinbearbeitung von in Längsrichtung evolventisch gekrümmten Zahnflanken als kegelige Schleifschnecke oder Honschnecke ausgebildet ist. 35
2. Maschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Werkzeug- und einen Werkstückantrieb, die beide für hohe Drehzahlen ausgelegt sind, mit denen optimale Schleifgeschwindigkeiten bzw. Hongschwindigkeiten an den Zahnflanken erreichbar sind. 40
3. Kegelige Schleifschnecke für eine Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifschnecke nicht abrichtbar ist. 45
4. Kegelige Schleifschnecke nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen Grundkörper mit abrasiver Beschichtung. 50
5. Kegelige Schleifschnecke für eine Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifschnecke abrichtbar ist. 55
6. Kegelige Honschnecke für eine Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Honschnecke abrichtbar ist. 60

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

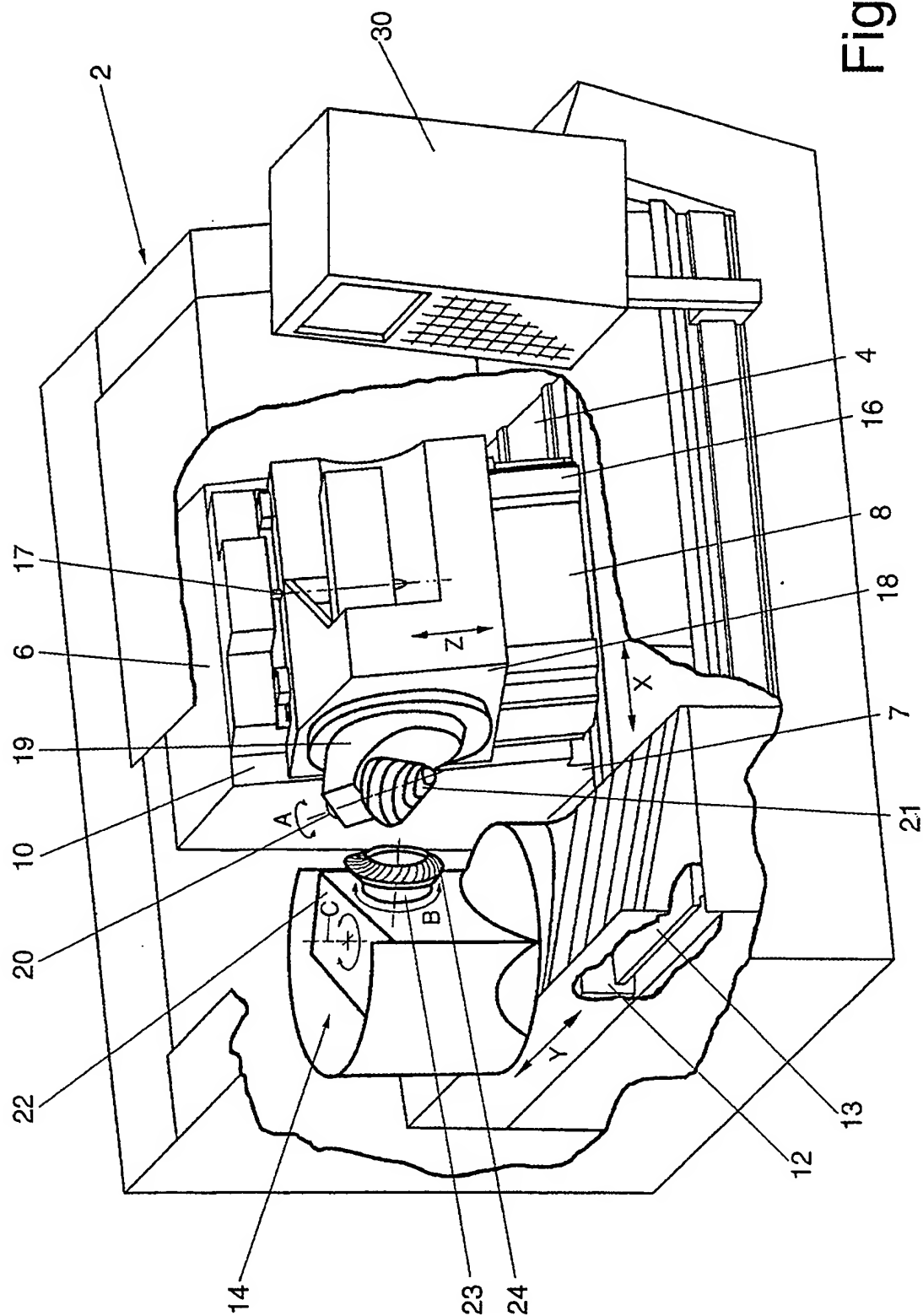


Fig. 1